

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-030150

(43)Date of publication of application : 03.02.1998

(51)Int.Cl.

C22C 38/00

C22C 38/26

F16C 33/62

(21)Application number : 08-190664

(71)Applicant : NIPPON SEIKO KK

(22)Date of filing : 19.07.1996

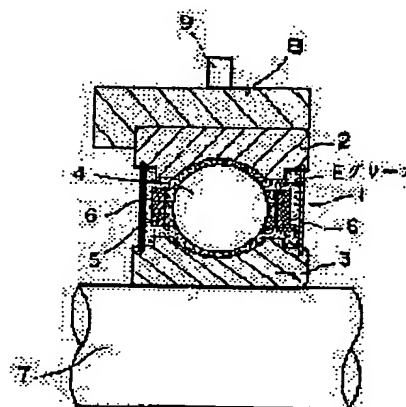
(72)Inventor : TAKEMURA HIROMICHI
MURAKAMI YASUO

(54) ROLLING BEARING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To superiorly prevent the occurrence of peeling in an early stage, caused by high vibration and high load, and to remarkably improve bearing life.

SOLUTION: A rolling bearing 1 is used by disposing plural rolling elements 4 between an outer ring (fixed ring) 2 and an inner ring (rotary ring) 3. In this case, the bearing steel at least of the outer ring 2 has an alloy composition containing, by weight ratio, 0.50-1.60% Cr and containing at least one kind among 0.02-0.10% Al, 0.005-0.02% N, 0.02-0.30% V, and 0.02-0.30% Nb and satisfying the relation of $0.08\% < \text{Al} + 4\text{N} + \text{V} + \text{Nb} < 0.8\%$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-30150

(43) 公開日 平成10年(1998)2月3日

| (51) Int.Cl. ⁸ | 識別記号 | 片内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|---------------------------|-------|--------|---------------|---------|
| C 2 2 C 38/00 | 3 0 1 | | C 2 2 C 38/00 | 3 0 1 H |
| 38/26 | | | 38/26 | |
| F 1 6 C 33/62 | | | F 1 6 C 33/62 | |

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 6 頁)

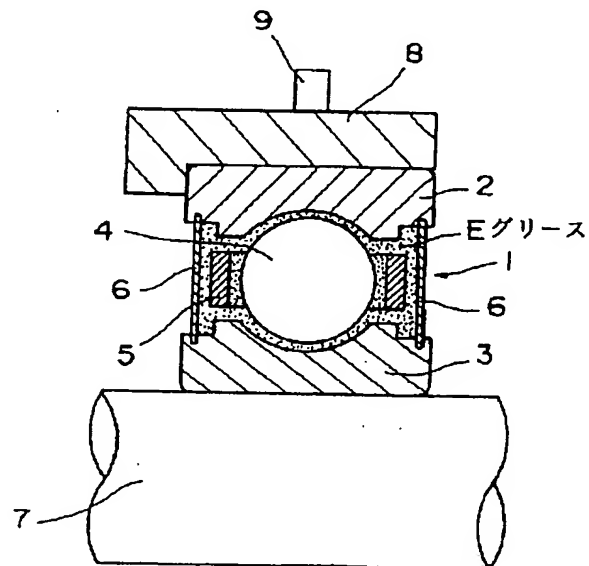
| | | | |
|-----------|-----------------|----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願平8-190664 | (71) 出願人 | 000004204 日本精工株式会社 東京都品川区大崎1丁目6番3号 |
| (22) 出願日 | 平成8年(1996)7月19日 | (72) 発明者 | 武村 浩道 神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 |
| | | (72) 発明者 | 村上 保夫 神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 |
| | | (74) 代理人 | 弁理士 森 哲也 (外2名) |

(54) 【発明の名称】 転がり軸受

(57) 【要約】

【課題】 高振動・高荷重に起因する早期剥離を良好に防止して軸受寿命の大幅な延長を可能にする。

【解決手段】 外輪(固定輪)2と内輪(回転輪)3との間に複数の転動体4を配設して用いられる転がり軸受1において、少なくとも外輪2の軸受鋼の合金組成成分が重量比に対して、 $Cr=0.50\sim1.60\%$ を含有すると共に $Al=0.02\sim0.10\%$ 、 $N=0.005\sim0.02\%$ 、 $V=0.02\sim0.30\%$ 、 $Nb=0.02\sim0.30\%$ の範囲内で、 Al 、 N 並びに V 及び Nb の内の少なくとも一種を含み、且つ、 $0.08\% < Al + 4N + V + Nb < 0.8\%$ の関係を満足する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 固定輪と回転輪との間に複数の転動体を配設して用いられる転がり軸受において、少なくとも固定輪の軸受鋼の合金組成成分が重量比に対して、 $Cr=0.50\sim1.60\%$ を含有すると共に $Al=0.02\sim0.10\%$ 、 $N=0.005\sim0.02\%$ 、 $V=0.02\sim0.30\%$ 、 $Nb=0.02\sim0.30\%$ の範囲内で、 Al 、 N 並びに V 及び Nb の内の少なくとも一種を含み、且つ、 $0.08\% < Al + 4N + V + Nb < 0.8\%$ の関係を満足することを特徴とする転がり軸受。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、転がり軸受に関し、特に、エンジン補機用（オルタネータ、電磁クラッチ、中間プーリ用等）のグリース封入軸受に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、自動車の小型・軽量化に伴いエンジンの補機類にも小型・軽量化と共に高性能・高出力化が求められている。したがって、エンジンの作動時にあって、例えばオルタネータ用の軸受には高速回転に伴う高振動、高荷重（重力加速度で $4G\sim20G$ 位）がベルトを介して同時に作用し、この結果、特に固定輪である外輪の軌道面に早期剥離を生じて軸受の寿命を短くする原因になっている。

【0003】高振動、高荷重下で使用される軸受の寿命向上を図る技術としては、例えば、特開平5-26244号公報に示すように、固定側軌道輪を $1.5\sim6\%Cr$ 含有鋼で構成することにより、該軌道輪に酸化被膜を形成して早期剥離を防止したものや、特開昭63-308219号公報に示すように、高炭素クロム軸受鋼（ $SUJ2$ ）を通常焼入れ後、サブゼロ処理あるいは高温焼戻し処理を施すことにより、固定輪の残留オーステナイト量（ γ_R ）を 10% 以下にしたものが開示されている。

【0004】また、特開昭60-194047号公報に示すように、 V 及び Nb の内の少なくとも一種を所定量添加することにより、炭窒化物を生成して強度及び靱性を向上させた軸受鋼が開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、早期剥離を防止する対策として、“SAEテクニカルペーパー：SAE950944（開催日1995年2月27日～3月2日）”の第1～第14頁には、オルタネータ用軸受の疲労メカニズムを解明し、封入グリースをEグリースからダンパー効果の高いMグリースに変更することにより、該Mグリースで高振動・高荷重を吸収して早期剥離を防止する技術が開示されている。

【0006】しかしながら、上述した最初の2件の公開公報に開示された軸受においては、いずれもダンパ効果

となりうる媒体がないため、エンジンの高速回転に伴う高振動・高荷重がベルトを介して早期剥離が発生し易い固定輪負荷面にダイレクトに加わることになり、この結果、早期剥離を十分に防止することができず、軸受寿命の延長には限界がある。

【0007】また、3件めの公開公報に開示された軸受においては、 $V=0.05\sim0.30\%$ 、 $Nb=0.05\sim0.30\%$ が本発明と重複しているが、 Al 及び N がそれぞれ $Al\leq0.015\%$ 、 $N\leq0.005\%$ と本発明に比べて少ないため、結晶粒微細化の核となりうる AlN 、 NbN などの生成が小さく、この結果、結晶粒の微細化による高振動防振効果があまり期待できず、早期剥離を十分に防止することができない。

【0008】本発明はかかる不都合を解消するためになされたものであり、高振動・高荷重に起因する早期剥離を良好に防止して軸受寿命の大幅な延長を可能にすることができる転がり軸受を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】かかる目的を達成するために、本発明の係る転がり軸受は、固定輪と回転輪との間に複数の転動体を配設して用いられる転がり軸受において、少なくとも固定輪の軸受鋼の合金組成成分が重量比に対して、 $Cr=0.50\sim1.60\%$ を含有すると共に、 $Al=0.02\sim0.10\%$ 、 $N=0.005\sim0.02\%$ 、 $V=0.02\sim0.30\%$ 、 $Nb=0.02\sim0.30\%$ の範囲内で、 Al 、 N 並びに V 及び Nb の内の少なくとも一種を含み、且つ、 $0.08\% < Al + 4N + V + Nb < 0.8\%$ の関係を満足しすることを特徴とする。

【0010】この場合、前記合金組成成分が重量比に対して、 $C=0.70\sim1.10\%$ 、 $Si=0.15\sim1.60\%$ 、 $Mn=0.5\%$ 以下、 $P=0.02\%$ 以下、 $S=0.01\%$ 以下、 $O=0.0015\%$ 以下、 $Ti=0.003\%$ 以下となるのが好ましい。

【0011】更に、通常熱処理後のオーステナイト結晶粒の平均粒径を $7\mu m$ 以下にするのが好ましく、更に好ましくは $4\mu m$ 以下にするのがよい。ここで、オーステナイト結晶粒の平均粒径とは、JIS G0551（鋼のオーステナイト結晶粒度試験方法）の粒度番号Nに対応している。JIS G0551では、試験片の断面積 $1mm^2$ 当たりの定められた平均断面積 mm^2 の結晶粒が何個あるかを示しているのに対し、平均粒度は、視野内のオーステナイト結晶粒をランダムに抽出し、その個々の平均オーステナイト粒径 $d=(a+b)/2$ （ a はオーステナイト粒の長径、 b は短径）を求め、その後、

d の $\Sigma d_i/n$ としたものである（表3参照）。

【0012】更に、通常熱処理前に加工度 0.19 以上の冷間加工を行うことにより、オーステナイト結晶粒を

更に微細化できるため好ましい。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の一例を図を参照して説明する。図1は本発明の実施の形態の一例である転がり軸受を説明するための説明的断面図である。

【0014】図1においては符号1は、内輪回転用の深みぞ玉軸受を示したものである。この軸受1は、外輪2がハウジング8に固定され、内輪3はシャフト7に外嵌されている。外輪2と内輪3との間には保持器5により保持された多数の転動体4が配設され、また、保持器5の両側位置の外輪2と内輪3の間にはシール部材6、6が装着されている。シール部材6、6によって囲まれる空間にはエグリースが封入されている。そして、シャフト7の回転に伴い内輪3も回転し、該回転による振動・荷重はシャフト7から内輪3及び転動体4を介して外輪2の負荷圈に作用する。

【0015】ここで、この実施の形態では、外輪2の軸受鋼の合金組成成分が重量比に対して、 $C=0.70\sim1.10\%$ 、 $Si=0.15\sim1.60\%$ 、 $Mn=0.5\%$ 以下、 $P=0.02\%$ 以下、 $S=0.01\%$ 以下、 $Cr=0.50\sim1.60\%$ 、 $O=0.0015\%$ 以下、 $Ti=0.003\%$ 以下を含有すると共に、 $Al=0.02\sim0.10\%$ 、 $N=0.005\sim0.02\%$ 、 $V=0.02\sim0.30\%$ 、 $Nb=0.02\sim0.30\%$ の範囲内で、 Al 、 N 並びに V 及び Nb の内の少なくとも一種を含み、且つ、 $0.08\% < Al + 4N + V + Nb < 0.8\%$ の関係を満足する（以下、「条件1」という。）。

【0016】 C は転がり軸受として要求される硬さを付与する元素であるが、 0.70% 未満だと、転がり軸受として要求される硬さHRC59以上を確保できない場合があり、一方、 1.10% を越えて含有させると、巨大炭化物が生成し易くなって疲労寿命及び耐衝撃性が低下する場合があるので、 $C=0.70\sim1.10\%$ とした。

【0017】 Si は脱酸作用並びに焼入れ性を向上させる元素であり、 0.15% 以上の含有が必要であるが、 1.60% を越えると、焼入れ後の残留オーステナイト量(γ_R)が増加し、焼入れ硬さが低下して転がり寿命が劣化する場合があるので、 $Si=0.15\sim1.60\%$ とした。

【0018】 Mn は脱酸作用並びに焼入れ性を向上させる元素であるが、多く含有させた場合、その効果の向上

は小さく、また、 MnS を生成して転がり寿命を低下させるのでその上限を 0.5% とした。

【0019】 P （不純物）は転がり寿命及び靱性を低下させる元素であるため、その含有量をできるだけ低下させる必要があり、したがって、上限を 0.02% とした。 S （不純物）は被削性を向上させる元素であるが、 Mn と結合して転がり寿命を低下させる硫化系介在物を生成するため、その上限を 0.01% とした。

【0020】 Cr は焼入れ性を向上させ且つ炭化物球状化を促進させる元素であり、少なくとも 0.50% 以上含有させる必要があるが、 1.60% を越えて含有させると、炭化物が粗大化して平均結晶粒が大きくなり、また、被削性を劣化させる場合があるので、 $Cr=0.50\sim1.60\%$ とした。

【0021】 O は鋼中において Al_2O_3 、 SiO_2 などの介在物を生成し、転がり寿命特性を大幅に低下させる元素であるので、その上限を 0.0015% とした。 Ti は鋼中において TiN などの窒化系介在物を生成し、転がり寿命特性を低下させる元素であるので、その上限を 0.003% とした。

【0022】 Al は結晶粒微細化のためのピンニング粒子として AlN が必要となるので、少なくとも 0.02% 以上含有させる必要があるが、 0.10% を越えて含有させると、 Al_2O_3 など硬い介在物を生成し、転がり寿命を劣化させる場合があるので、 $Al=0.02\sim0.10\%$ とした。

【0023】 N はピンニング粒子としての AlN 、 NbN となるために必要な元素であり、少なくとも 0.005% 以上含有させる必要があるが、 0.02% を越えて含有させると、 TiN を生成して転がり寿命を劣化させる場合があるので、 $N=0.005\sim0.02\%$ とした。

【0024】 V 、 Nb は共に微細で安定した炭窒化物を生成し、且つ、強度と靱性を向上させる元素であり、これらの効果を得るためには 0.02% 以上必要であるが、 0.30% を越えて含有させたとしてもその効果の向上が小さく、しかも、材料価格が上昇するので、 $V=0.02\sim0.30\%$ 、 $Nb=0.02\sim0.30\%$ とした。

【0025】表1に実施形態例及び比較例に用いた供試材の化学成分を示す。

【0026】

【表1】

| 5 | | | | | | | | | | | | | | 6 | |
|-------|-----|------|------|------|--------|-------|------|--------|--------|------|-------|------|------|------------|--|
| | No. | C | Si | Mn | P | S | Cr | O | Ti | Al | N | V | Nb | Al+4N+V+Nb | |
| 実施形態例 | 1 | 0.99 | 0.28 | 0.42 | 0.017 | 0.005 | 1.38 | 0.0008 | 0.0020 | 0.03 | 0.013 | 0.02 | 0.05 | 0.14 | |
| | 2 | 0.96 | 0.28 | 0.42 | 0.017 | 0.005 | 1.41 | 0.0009 | 0.0029 | 0.02 | 0.014 | 0.30 | — | 0.37 | |
| | 3 | 0.96 | 0.60 | 0.47 | 0.015 | 0.005 | 1.29 | 0.0009 | 0.0011 | 0.08 | 0.02 | 0.05 | — | 0.21 | |
| | 4 | 0.97 | 0.14 | 0.39 | 0.011 | 0.009 | 1.53 | 0.0012 | 0.0017 | 0.02 | 0.015 | 0.05 | 0.28 | 0.41 | |
| | 5 | 0.93 | 0.30 | 0.44 | 0.011 | 0.007 | 0.73 | 0.0007 | 0.0009 | 0.03 | 0.005 | 0.07 | 0.25 | 0.37 | |
| | 6 | 0.78 | 0.29 | 0.31 | 0.008 | 0.006 | 1.58 | 0.0008 | 0.0010 | 0.04 | 0.008 | 0.06 | 0.02 | 0.15 | |
| | 7 | 0.72 | 1.55 | 0.29 | 0.009 | 0.006 | 1.55 | 0.0013 | 0.0012 | 0.10 | 0.02 | 0.30 | 0.25 | 0.73 | |
| | 8 | 0.91 | 0.19 | 0.48 | 0.003 | 0.008 | 1.08 | 0.0010 | 0.0013 | 0.10 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.24 | |
| | 9 | 1.06 | 0.33 | 0.42 | 0.009 | 0.009 | 1.00 | 0.0007 | 0.0011 | 0.02 | 0.005 | 0.03 | 0.02 | 0.09 | |
| | 10 | 1.04 | 1.49 | 0.21 | 0.0015 | 0.005 | 0.53 | 0.0009 | 0.0025 | 0.05 | 0.010 | 0.29 | 0.27 | 0.65 | |
| | 11 | 0.80 | 1.53 | 0.28 | 0.0019 | 0.007 | 1.38 | 0.0014 | 0.0014 | 0.08 | 0.016 | — | 0.30 | 0.44 | |
| | 12 | 0.94 | 0.60 | 0.44 | 0.0006 | 0.004 | 0.69 | 0.0012 | 0.0006 | 0.09 | 0.02 | — | 0.02 | 0.19 | |
| 比較例 | 1 | 0.91 | 0.31 | 0.41 | 0.0011 | 0.009 | 1.30 | 0.0008 | 0.0023 | — | — | — | — | — | |
| | 2 | 0.78 | 1.32 | 0.39 | 0.0017 | 0.008 | 1.09 | 0.0006 | 0.0024 | — | — | — | — | — | |
| | 3 | 1.03 | 0.48 | 0.33 | 0.0014 | 0.003 | 1.41 | 0.0007 | 0.0012 | — | — | 0.07 | — | 0.07 | |
| | 4 | 1.08 | 0.16 | 0.25 | 0.0003 | 0.006 | 1.32 | 0.0011 | 0.0012 | — | — | — | 0.01 | 0.01 | |
| | 5 | 0.96 | 0.24 | 0.42 | 0.0013 | 0.005 | 1.59 | 0.0010 | 0.0018 | 0.01 | 0.003 | 0.01 | 0.01 | 0.04 | |
| | 6 | 0.94 | 0.21 | 0.44 | 0.0007 | 0.004 | 1.23 | 0.0005 | 0.0020 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | — | 0.09 | |
| | 7 | 0.81 | 0.34 | 0.27 | 0.0012 | 0.002 | 1.45 | 0.0006 | 0.0011 | — | — | 0.29 | 0.30 | 0.59 | |
| | 8 | 0.95 | 0.29 | 0.28 | 0.0010 | 0.008 | 1.47 | 0.0014 | 0.0014 | 0.01 | — | — | 0.24 | 0.25 | |
| | 9 | 0.72 | 0.97 | 0.49 | 0.0015 | 0.003 | 1.36 | 0.0009 | 0.0013 | 0.03 | 0.01 | — | 0.01 | 0.08 | |
| | 10 | 0.92 | 1.43 | 0.37 | 0.0008 | 0.007 | 1.05 | 0.0012 | 0.0016 | 0.09 | 0.02 | — | — | 0.17 | |
| | 11 | 0.72 | 0.21 | 0.39 | 0.0010 | 0.004 | 3.58 | 0.0008 | 0.0010 | 0.04 | 0.01 | 0.31 | — | 0.39 | |
| | 12 | 0.80 | 0.22 | 0.50 | 0.0011 | 0.005 | 3.33 | 0.0007 | 0.0011 | 0.03 | 0.01 | 0.05 | 0.23 | 0.35 | |
| | 13 | 0.65 | 0.19 | 0.27 | 0.0013 | 0.006 | 2.12 | 0.0010 | 0.0010 | 0.03 | 0.01 | — | 0.10 | 0.17 | |

【0027】実施形態例1～12はC, Si, Mn, P, S, Cr, O, Ti, Al, N, V, Nbが上述した「条件1」を満足する合金鋼であり、比較例1～13はCr, Al, N, V, Nbが「条件1」を満足していない合金鋼である。これらの供試材を用いて外輪を製作し、通常熱処理前に各外輪に対してそれぞれ加工度を変えて冷間加工を施した。加工度の定義としては、JIS G0701の鋼材鍛錬作業の鍛錬成形比の表し方には、鍛錬前の断面積をAとし、鍛錬後の断面積をaとした場合に、鍛錬成形比はA/aで表されており、したがって、加工度=(A-a)/aとした。

【0028】表2は冷間加工後、通常熱処理(840°Cで焼入れ加熱、油冷却後、180°Cにて焼戻し)を施した外輪を組み込んだ軸受の耐久寿命、オーステナイ

ト結晶粒度及びはくり試験結果を示したものである。なお、外輪の表面硬さはHRC59～63、表面粗さは0.01～0.03μmRaであり、結晶粒度試験はJIS G0551に従った。

【0029】また、本実施形態例、比較例共に、内輪及び転動体は同じ軸受鋼として通常熱処理を施し、内輪及び転動体の表面硬さをHRC59～62、内輪の表面粗さを0.01～0.03μmRa、転動体の表面粗さを0.003～0.010μmRaとした。表3に粒度番号(N)に対応するオーステナイト平均結晶粒の大きさ(μm)を示す。

【0030】

【表2】

| | 耐久寿命(hr) | はくりの有無 | 平均結晶粒の 大きさ(μm) | オーステナイト 結晶粒度番号 | 加工度 |
|-------|----------|---------------|--------------------------------|-------------------|------|
| 実施形態例 | 1 926 | (3/10個)外輪はくり | 6.5 | 11 | 0.15 |
| | 2 1000 | はくりなし | 3.2 | 13 | 0.21 |
| | 3 1000 | はくりなし | 2.7 | 14 | 0.22 |
| | 4 1000 | はくりなし | 1.8 | 15 | 0.31 |
| | 5 1000 | はくりなし | 1.5 | 15 | 0.39 |
| | 6 942 | (2/10個)外輪はくり | 6.8 | 11 | 0.07 |
| | 7 894 | (4/10個)外輪はくり | 4.2 | 12 | 0.10 |
| | 8 901 | (3/10個)外輪はくり | 5.3 | 12 | 0.18 |
| | 9 873 | (4/10個)外輪はくり | 7.0 | 11 | 0.05 |
| | 10 1000 | はくりなし | 3.7 | 13 | 0.24 |
| | 11 1000 | はくりなし | 3.9 | 13 | 0.19 |
| | 12 1000 | はくりなし | 2.6 | 14 | 0.20 |
| 比較例 | 1 259 | (10/10個)外輪はくり | 21.2 | 8 | 0.06 |
| | 2 172 | (10/10個)外輪はくり | 16.0 | 9 | 0.23 |
| | 3 301 | (10/10個)外輪はくり | 10.3 | 10 | 0.18 |
| | 4 266 | (10/10個)外輪はくり | 12.0 | 9 | 0.10 |
| | 5 324 | (10/10個)外輪はくり | 9.6 | 10 | 0.19 |
| | 6 329 | (10/10個)外輪はくり | 10.7 | 10 | 0.12 |
| | 7 332 | (10/10個)外輪はくり | 9.1 | 10 | 0.25 |
| | 8 327 | (10/10個)外輪はくり | 9.8 | 10 | 0.24 |
| | 9 218 | (10/10個)外輪はくり | 14.1 | 9 | 0.08 |
| | 10 298 | (10/10個)外輪はくり | 12.4 | 9 | 0.21 |
| | 11 273 | (10/10個)外輪はくり | 11.7 | 9 | 0.16 |
| | 12 312 | (10/10個)外輪はくり | 11.0 | 10 | 0.21 |
| | 13 294 | (10/10個)外輪はくり | 10.6 | 10 | 0.29 |

【0031】

【表3】

| 粒度番号(N) | 平均結晶粒の大きさ(μm) |
|---------|----------------------------|
| 8 | 2.2 |
| 9 | 1.6 |
| 10 | 1.1 |
| 11 | 7.8 |
| 12 | 5.5 |
| 13 | 3.8 |
| 14 | 2.8 |
| 15 | 1.9 |

【0032】次に、実施形態例の軸受と比較例の軸受との寿命試験結果について述べる。試験機としては、回転数を所定時間毎（例えば9秒毎）に9000rpmと18000rpmとに切り換えるベンチ急加減速試験機を用いた。また、本実施形態例及び比較例共に、試験軸受にはJIS呼び番6303を用い、荷重条件はP（負荷荷重）/C（動定格荷重）=0.10とし、封入グリスにはEグリスを用いた。更に、この時の軸受の計算寿命は1350時間であり、したがって、試験打ち切り時間を1000時間とした。試験は各々n=10行った。

【0033】表2から明らかなように、「条件1」を満足していない比較例1～13においては、全ての軸受の

寿命L₁₀が計算寿命の約1/4となっており、はくり部位は全て外輪であった。また、この比較例1～13のミクロ組織を調査した結果、オーステナイト平均結晶粒径は全て9 μm 以上（粒度番号が10番以下）で微細化組織にはなっていないかった。

【0034】これに対し、「条件1」を満足し、且つ、加工度が0.19以上の実施形態例2～5、10～12については、1000時間を越えてもはくりを生じず、試験を打ち切った。この時の実施形態例2～5、10～12のミクロ組織を調査した結果、オーステナイト平均結晶粒径は3.9 μm 以下（粒度番号が13番以上）で微細化組織となっていた。

【0035】また、「条件1」を満足し、且つ、加工度が0.19未満の実施形態例1、6～9についても軸受寿命L₁₀は全て800時間以上（10個中2個～4個にはくり発生）を有しており、比較例1～13と比べ大幅に長寿命となった。この時の実施形態例1、6～9のミクロ組織を調査したところ、オーステナイト平均結晶粒径は4～7 μm （粒度番号が11番以上）で微細化組織となっていた。

【0036】このように、この実施の形態では、「条件1」を満足することにより、オーステナイト結晶粒度番号が11番以上になって結晶粒が微細化されるので、かかる微細化効果により転動体から外輪（固定輪）へ伝わる高振動・高荷重が吸収されて十分な防振効果が発揮される。この結果、固定輪である外輪の早期はくりが良好に防止されて軸受寿命の大幅な延長が可能になることが判る。

【0037】また、通常熱処理前に外輪に対して加工度

10

に到達する時間を遅らせることができる。この結果、固定輪の早期はくりが良好に防止され、従来に比べて、軸受寿命を大幅に延長することができる。

【図 1】本発明の実施の形態の一例である転がり軸受を説明するための説明的断面図である。

【発明の効果】上記の説明から明かなように、本発明によれば、オーステナイト結晶粒度番号が11番以上になって結晶粒が微細化されるので、かかる微細化効果により転動体から固定輪へ伝わる高振動・高荷重が吸収されて十分な防振効果が発揮され、転がり軸受の疲労寿命

2…外輪（固定輪）

3…内輪 (回転輪)

4…転動体

【図 1】

